Izabela Kotarska [1)]

Odpady wydobywcze z górnictwa miedzi w Polsce – bilans, stan zagospodarowania i aspekty środowiskowe

Słowa kluczowe: odpady wydobywcze, skała płonna, odpady z flotacji rud miedzi, odzysk odpadów, obiekty unieszkodliwiania odpadów wydobywczych

Streszczenie
W artykule przedstawiono bilans odpadów wydobywczych pochodzących z eksploatacji rud miedzi w Polsce, ich charakterystykę oraz aspekty środowiskowe wynikające z aktualnego stanu zagospodarowania tych odpadów. Z analizy wynika, iż aktualnie wytwarzanymi odpadami są skała płonna (w ilości około 4 mln Mg/rok) oraz odpady z flotacji rud miedzi w ilości do 28 mln Mg/rok. Na nieczynnych OUOW zdeponowanych jest ponad 174 mln Mg odpadów wydobywczych.

Wstęp

Od stycznia 2011 roku, w ramach Programu Region Morza Bałtyckiego 2007-2013, realizowany jest projekt MinNovation – Sieć innowacji w zarządzaniu odpadami górniczymi i przeróbczymi[1]. Jego celem jest zainteresowanie przedsiębiorców odpadami wydobywczymi, promocja najlepszych innowacyjnych rozwiązań dotyczących ich zagospodarowania oraz zacieśnienie współpracy podmiotów zajmujących się zagospodarowaniem tego rodzaju odpadów w obrębie krajów Morza Bałtyckiego.

W ramach projektu przeprowadzono rozpoznanie aktualnego stanu zagospodarowania odpadów z przemysłu wydobywczego w Polsce. W artykule przedstawiono bilans odpadów wydobywczych z przemysłu miedziowego, charakterystykę ich własności fizycznych i chemicznych, determinujących możliwości dalszego ich zagospodarowania oraz aspekty środowiskowe wynikające z aktualnego stanu zagospodarowania tych odpadów. Analiza ta została przeprowadzona w celu przedstawienia materiałów i obszarów, które przedsiębiorcy działający w branży szeroko rozumianego zagospodarowania odpadów mogliby objąć zakresem swego zainteresowania.

[1] Projekt realizowany jest w ramach Programu Region Morza Bałtyckiego 2007-2013, Priorytet 1 Wspieranie innowacyjności. Partnerami projektu jest 11 instytucji naukowo-badawczych oraz samorządów terytorialnych i różnego rodzaju agencji rozwoju, stowarzyszeń z następujących regionów Morza Bałtyckiego: Małopolska, Górny Śląsk i Dolny Śląsk - POLSKA; Örebrö - SZWECJA; Oulu - FINLANDIA; Ida-Viru - ESTONIA, Lüneburg i Sachsen-Anhalt - NIEMCY oraz Rogaland - NORWEGIA. Liderem projektu jest AGH Akademia Górniczo-Hutnicza – Wydział Górnictwa i Geoinżynierii. Projekt MIN-NOVATION przewidziany jest na lata 2011 - 2013.

[1)] *KGHM CUPRUM sp. z o.o. – CBR, ul. gen. Wł. Sikorskiego 2-8, 53-659 Wrocław*

1. Odpady wydobywcze z przemysłu miedziowego

Zgodnie z definicją podaną w ustawie o odpadach wydobywczych[2], odpadami wydobywczymi są odpady pochodzące z poszukiwania, rozpoznawania, wydobywania, przeróbki i magazynowania kopalin ze złóż. Z eksploatacją złóż rud miedzi na Dolnym Śląsku bezpośrednio związane są dwa rodzaje odpadów wydobywczych:

a) skała płonna (odpad o kodzie 01 01 80), to jest :
   - skała płonna z aktualnie prowadzonych prac związanych z drążeniem nowych szybów,
   - skała płonna z bieżącej eksploatacji górniczej,
   - skała płonna zdeponowana w obiektach unieszkodliwiania (hałdach);
b) odpady z procesu wzbogacania (flotacji) rud miedzi (o kodzie 01 03 81), w tym:
   - odpady z procesu wzbogacania rud miedzi, prowadzonego na bieżąco w zakładach wzbogacania rud miedzi,
   - odpady z flotacji zdeponowane na jedynym działającym obiekcie unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (OUOW) „Żelazny Most”,
   - odpady z flotacji zdeponowane w nieczynnych OUOW.

1.1. Skała płonna

Skała płonna towarzysząca rudzie miedzi, wytwarzana podczas eksploatacji górniczej, to w zasadzie, za wyjątkiem rozdrobnienia, nie zmieniony, naturalny element litosfery, zbudowany głównie z piaskowców, dolomitów, wapieni, anhydrytów, łupków, margli i żwirów. Materiał ten jest na bieżąco, w całości wykorzystywany na dole kopalni do wypełniania pustek eksploatacyjnych (podsadzka sucha), podsypek pod stosy podporowe oraz do utwardzania dróg na dole kopalni. Ograniczanie ilości tak wytwarzanej skały płonnej realizowane jest poprzez stosowanie czystego wybierania złoża oraz prowadzenia wyrobisk w sposób eliminujący przybierki skały płonnej w stropie spągu złoża. Łącznie, we wszystkich kopalniach KGHM Polska Miedź S.A. wytwarzane jest i zagospodarowywane na dole kopalni 3,9 mln Mg skały płonnej na rok, z czego 1,2 mln Mg/rok podczas eksploatacji prowadzonej przez ZG „Rudna”, 2,2 mln Mg/rok w ZG „Polkowice-Sieroszowice” i do 0,5 mln Mg/rok w ZG „Lubin”.
Skała płonna wytwarzana jest również w wyniku głębienia nowych szybów oraz prac rozpoznawczych. Aktualnie prowadzona jest budowa szybu SW-4 w rejonie Jakubowa i w rezultacie głębienia tego obiektu do tej pory powstało

[2] Ustawa o odpadach wydobywczych z dnia 10 lipca 2008 r. (Dz. U. nr 138, poz. 865) z późn. zmianami.

150 tys. Mg skały płonnej. Odpad ten zagospodarowywany jest na bieżąco przez uprawnionych odbiorców zewnętrznych[3], do wypełniania terenów niekorzystnie przekształconych, takich jak zapadliska, nieeksploatowane odkrywkowe wyrobiska lub wyeksploatowane części tych wyrobisk oraz do utwardzania powierzchni terenów, do których odbiorca posiada tytuł prawny.

Skała płonna powstająca w wyniku budowy szybów i udostępniania złoża w latach 1965-2006 deponowana była na nadpoziomowych obiektach unieszkodliwiania (hałdach), zlokalizowanych w pobliżu placów szybowych Zakładów Górniczych „Rudna", „Lubin", „Polkowice-Sieroszowice". Na terenie Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM) zlokalizowanych jest 16 nieczynnych hałd oraz jeden nowy, oddany do eksploatacji obiekt unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (OUOW). Wykaz tych obiektów oraz ich parametry podano w tabeli 1.

Tabela 1

Obiekty unieszkodliwiania skały płonnej (hałdy) z górnictwa miedzi [6]

Nazwa i lokalizacja obiektu	Właściciel	Powierzchnia [ha]	Ilość zdeponowanego materiału [Mg]	Status
PW Polkowice	O/ZG Polkowice-Sieroszowice	5, 34	767 036	Zamknięty, zrekultywowany
PZ Szklary Górne	Skarb Państwa - Lasy Państwowe	5,9	847 474	Zamknięty, zrekultywowany
P VII Jędrzychów	Skarb Państwa - Lasy Państwowe	5,89	846 800	Zamknięty, zrekultywowany
PG Polkowice	Gmina Polkowice	8,0	950 000	Zamknięty, zrekultywowany
PW Polkowice Dolne	O/ZG Polkowice - Sieroszowice	5, 34	767 036	Zamknięty, zrekultywowany
Hałda SW-3 Sieroszowice	Gmina Radwanice	2,4	75 000	Zamknięty, zrekultywowany
Hałda SW-1 Bądzów	O/ZG Polkowice - Sieroszowice	6,96	626 148	Zamknięty, zrekultywowany
Hałda SG Jakubów	O/ZG Polkowice - Sieroszowice	7,34	474 000	Zamknięty, zrekultywowany

[3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 marca 2006 r. (Dz.U. Nr 49, poz. 356) w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami.

Nazwa i lokalizacja obiektu	Właściciel	Powierzchnia [ha]	Ilość zdeponowanego materiału [Mg]	Status
OUOW SG	O/ZG Polkowice - Sieroszowice	1,86	Docelowo 150 000	Czynny
RG Trzebcz	Skarb Państwa - Lasy Państwowe	5,11	1 010 640	Zamknięty, zrekultywowany
RZ Polkowice	Agencja Własności Rolnej Skarbu Państwa	5,0	826 764	Zamknięty, zrekultywowany
R VII Tarnówek	Agencja Własności Rolnej Skarbu Państwa	2,20	242 394	Zamknięty, zrekultywowany
R VIII Pieszkowice	Skarb Państwa - Lasy Państwowe	7,68	170 483	Zamknięty, zrekultywowany
R IX Komorniki	Skarb Państwa - Lasy Państwowe	4,10	245 019	Zamknięty, zrekultywowany
LW	Skarb Państwa - Lasy Państwowe	3,38	847 000	Zamknięte, zrekultywowane
LVI		3,0		
LG		11,9		
LZ		4,5		

Wyniki testów wymywalności zanieczyszczeń z odpadów gromadzonych na składowiskach skały płonnej, prowadzonych w latach 2006-2010 i przedstawione w tabeli 2 wskazują, iż zawarte w skale płonnej metale nie przejawiają tendencji do przechodzenia do roztworu. Skała płonna daje natomiast ekstrakt o podwyższonej zawartości siarczanów i substancji rozpuszczonych.

Wszystkie nieczynne składowiska skały płonnej poddane zostały rekultywacji w kierunku leśnym. Do rekultywacji hałd przystąpiono pod koniec lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Niekorzystne własności chemiczne i fizyczne skał budujących hałdy uniemożliwiały ich rekultywację wyłącznie metodami biologicznymi, zastosowano więc dwuetapową, techniczno-biologiczną metodę rekultywacji tych obiektów. Techniczna rekultywacja obiektów polegała na uformowaniu skarp (fot. 4) oraz nawiezieniu warstwą utworów glebowych o miąższości około 80 cm. Po zakończeniu etapu technicznego rekultywacji przystąpiono do wprowadzenia na przygotowane obiekty roślinności – czyli do rekultywacji biologicznej.

Tabela 2

Wymywalność zanieczyszczeń ze skały płonnej LGOM [mg/kg s.m.] [1]

Lp.	**Parametr**	**Wymywalność** (zakres z lat 2006-2010)	
		minimum	**maksimum**
1.	Arsen	0,034	0,46
2.	Bar	0,20	1,3
3.	Kadm	<0,037	
4.	Chrom	<0,068	0,07
5.	Miedź	0,230	1,2
6.	Rtęć	< 0,005	0,006
7.	Molibden	<0,095	3,42
8.	Nikiel	< 0,150	0,16
9.	Ołów	< 0,42	1,58
10.	Antymon	0,18	0,28
11.	Selen	0,04	1,5
12.	Cynk	<0,160	0,5
13.	Chlorki	50	2162
14.	Fluorki	1,26	3,33
15.	Siarczany	<23	15 575
16.	Rozpuszczony węgiel organiczny	8,76	79,5
17.	Stałe związki rozpuszczone	1 130	25 660

Do nasadzeń stosowano najwyższej jakości sadzonki drzew i krzewów. Bardzo istotnym działaniem biologicznego etapu rekultywacji było zabezpieczenie sadzonek przed szkodami ze strony zwierząt leśnych [2].
Kolejne lata wymagały prac pielęgnacyjnych, polegających głównie na zasilaniu roślin nawozami, naprawie lub wymianie zabezpieczeń przed zwierzyną, wykaszaniu rowów melioracyjnych, a także wykonywaniu nasadzeń uzupełniających w miejscach wypadów posadzonych roślin.
Rekultywacje zakończono i obecnie wprowadzona na obiekty roślinność znajduje się w różnym stadium zaawansowania tworzenia złożonych ekosystemów, co pokazano na fotografiach 1–3.



Fot. 1. Hałda R-VII zerekultywowana w latach 1990-1998 – powierzchnia pokryta zdrowym, ponad 20- letnim drzewostanem (fot. I. Kotarska)





Fot. 2. i Fot. 3. Hałdy RG i SW – sadzonki młodych drzew na wierzchowinie (fot. I. Kotarska)



Fot. 4. Nieczynne składowisko SG – etap rekultywacji technicznej – 2010 r. (fot. W. Mizera)

Prawidłowo zrekultywowane składowiska skały płonnej nie stanowią zagrożenia dla środowiska. Oddziaływanie hałd na chemizm wód podziemnych w przypadku niektórych obiektów zaznacza się w zakresie wskaźników zanieczyszczenia charakteryzujących zasolenie wód, to jest przewodności elektrolitycznej właściwej, siarczanów, chlorków. Wraz z zaawansowaniem rekultywacji obserwowana jest poprawa jakości wód podziemnych [3,4].

Zalesione hałdy doskonale komponują się z terenem otaczającym – zlokalizowane w sąsiedztwie lasów stanowią ich naturalną kontynuację (fot. 5). Zrekultywowane składowiska, zwłaszcza w rejonie miasta Polkowice (hałda RZ i RG) tworzą również miejsca wykorzystywane przez mieszkańców jako tereny rekreacyjne.



Fot. 5. Zrekultywowane hałdy stanowią harmonijnie uzupełniający element naturalnego krajobrazu (fot. I. Kotarska)

Na nowym OUOW w Jakubowie, oddanym do eksploatacji w 2010 r. deponowana jest – w razie braku możliwości odzysku – skała płonna z budowanego obecnie szybu SW-4 (planowane zakończenie budowy 2013 rok) oraz w przyszłości, deponowana będzie skała płonna z drążenia kolejnego planowanego do realizacji szybu GG-1 w Kwielicach.

Przedsięwzięte środki ochrony środowiska wodnego (uszczelnienie dna, drenaż, ujęcie i odprowadzenie odcieków do oczyszczalni) pozwalają na stwierdzenie, iż nowy OUOW nie będzie oddziaływał negatywnie na wody podziemne. Przyjęte metody deponowania odpadu, w tym stosowanie zagęszczania deponowanych odpadów oraz zraszanie – w warunkach sprzyjających pyleniu – powierzchni obiektu, ograniczą maksymalnie uciążliwość związaną z pyleniem unieszkodliwianego materiału.

Postępowanie ze skałą płonną, zgodnie z ustawową zasadą minimalizacji ilości powstających odpadów, kierowania ich przede wszystkim do odzysku, a także prawidłowo przeprowadzona rekultywacja nieczynnych obiektów unieszkodliwiania oraz wyposażenie nowego obiektu unieszkodliwiania w niezbędne środki ochrony środowiska, gwarantują ograniczenie do minimum oddziaływań na środowisko, wynikających z gospodarowania tym odpadem wydobywczym.

2. Odpady przeróbcze

Ruda miedzi dostarczana z kopalń KGHM Polska Miedź SA wzbogacana jest w procesie flotacji w instalacjach Oddziału Zakład Wzbogacania Rud, które znajdują się w rejonach Lubin, Polkowice i Rudna. Poziom okruszcowania polskich rud miedzi, nie przekraczający 2% powoduje, że w procesach ich wzbogacania w charakterze odpadów oddziela się około 94% wydobytej masy. Oznacza to, że przy obecnym wydobyciu na poziomie 30 mln Mg/rok wytwarzanych jest do 28 mln Mg odpadów flotacyjnych.

Ilości odpadów z flotacji prowadzonej w zakładach wzbogacania rud KGHM Polska Miedź SA w latach 2008-2011 pokazano w tabeli 3.

Tabela 3

Ilość odpadów z flotacji wytworzona w latach 2008-2011
w KGHM Polska Miedź SA O/Zakłady Wzbogacania Rud

Rok	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**
Ilość [Mg]	27 671 222	27 855 464	27 403 067	27 924 504

źródło: [dane własne]

Odpady z procesu flotacji są drobno zmieloną skałą płonną zawierającą śladowe ilości minerałów kruszconośnych. Podstawowymi składnikami odpadu są kwarc, dolomit, kalcyt i kaolinit. W odpadach z ZWR Polkowice dominują skały węglanowe (głównie dolomit), a w odpadach z ZWR Lubin i Rudna – piaskowiec. Różnice składu odpadów flotacyjnych z poszczególnych zakładów wzbogacania wynikają z różnego udziału tych minerałów w przerabianej rudzie. Poza składnikami podstawowymi, odpady zawierają niewielkie ilości związków metali oraz węgla organicznego, występującego w postaci związków bitumicznych w okruszcowanych skałach łupkowych. Metale w odpadach flotacyjnych występują w postaci związków trudno rozpuszczalnych w wodzie, generalnie w postaci siarczków, siarkosoli, arsenków, metale szlachetne, częściowo również w postaci rodzimej. Orientacyjny skład mineralogiczny odpadów flotacyjnych z poszczególnych rejonów wzbogacania podano w tabeli 4, a w tabeli 5 przeciętny skład chemiczny.
Cechą charakterystyczną rud wydobywanych i przerabianych w zakładach wzbogacania LGOM jest zasadowy charakter skały płonnej, wynikający z obecności dolomitu i kalcytu. Obecność minerałów węglanowych zapobiega zjawisku zakwaszania środowiska i utleniania siarczków, a tym samym zapobiega ługowaniu metali z odpadów zarówno w trakcie przerobu rud, jak i podczas transportu. Specyficzny dla złoża LGOM charakter powoduje, że w przypadku wytwarzanych tu odpadów flotacyjnych nie ma niebezpieczeństwa generowania kwaśnych odcieków, stanowiących podstawową uciążliwość gospodarowania odpadami przeróbczymi ze wzbogacania rud siarczkowych z innych złóż.

Tabela 4

Orientacyjny skład mineralogiczny odpadów flotacyjnych [5]

Minerał	**Rejon ZWR / Zawartość [%]**	
	Lubin, Rudna	**Polkowice**
Dolomit	29,95	58,3
Kwarc	44,46	6,85
Kalcyt	7,70	7,82
Kaolinit	4,76	3,29
Gips	1,65	4,70
Biotyt	3,30	1,12
Skalenie	1,35	0,82
Substancje ilasto-węgliste	8,35	4,78
Minerały kruszcowe	1,10	1,32

Tabela 5

Skład chemiczny odpadów flotacyjnych – średnia z prób z lat 2007-2009 [6]

Składnik	**Jednostka**	**ZWR „Rudna”**	**ZWR „Polkowice”**	**ZWR „Lubin”**
Cu	%	0,23	0,23	0,16
Pb	%	0,046	0,03	0,06
Zn	%	0,010	0,010	0,010
Fe	%	0,37	0,44	0,58
Cu	%	0,23	0,25	0,184
S_{total}	%	1,01	0,78	0,32
$S_{siarczanowa}$	%	0,90	1,58	0,12
C_{total}	%	3,17	9,66	3,74
$C_{organic}$	%	0,72	0,7	0,68
SiO_2	%	61,6	18,03	59,18
CaO	%	9,8	26,08	8,82
MgO	%	4,30	6,75	3,73
Al_2O_3	%	3,60	4,65	5,14
Mn	%	0,12	0,189	0,111
Ti	%	0,092	0,60	0,1
Na	%	0,34	0,41	0,418
K	%	1,25	1,27	1,326
Cl	%	0,46	-	0,56
As	g/Mg	22	20	35
Ag	g/Mg	7	5	13
Co	g/Mg	8	6	43
Ni	g/Mg	6,8	5,5	11,6
V	g/Mg	34	89	64,8
Mo	g/Mg	8	14	18
Cd	g/Mg	0,0	0,0	0,2
Au	g/Mg	0,003	0,004	0,002
Pt	g/Mg	<0,001	<0,001	<0,001

W tabeli 6 zestawiono wyniki testów ługowania prób odpadów flotacyjnych wodą destylowaną [1]. Zawartości zanieczyszczeń stwierdzane w wyciągach wodnych są w znacznej mierze skutkiem wymywania się podczas testów pozostałości silnie zanieczyszczonej wody technologicznej zawartej w pobranych próbach odpadów – świadczy o tym znaczna zmienność stężeń niektórych zanieczyszczeń, w szczególności chlorków, którą wyjaśnić można zmienną jakością wody technologicznej w próbach odpadów pobranych do testów wymywania.

Tabela 6

Stężenia zanieczyszczeń w wyciągach wodnych (1:10) z uśrednionych prób odpadów flotacyjnych kierowanych na składowisko Żelazny Most [1]

Składnik	Rok / stężenie [mg/dm^3]		
	2008	2009	2010
Arsen	0,027	<0,008	<0,008
Bar	0,011	0,069	0,094
Kadm	<0,0037	<0,0037	<0,0037
Chrom całkowity	<0,0068	<0,0068	<0,0068
Miedź	0,111	<0,10	0,09
Rtęć	0,0006	0,0022	0,00061
Molibden	0,010	<0,0095	0,018
Nikiel	0,075	<0,20	<0,05
Ołów	0,433	<0,20	<0,10
Antymon	0,064	0,111	<0,05
Selen	Nie wykryto	0,049	0,52
Cynk	0,015	<0,30	<0,05
Chlorki	446	775	371,30
Fluorki	0,530	0,381	0,218
Siarczany	1 057	392	327,2
Rozpuszczony węgiel organiczny	0,81	0,992	1,30
Stałe związki rozpuszczone	1 517	1 883	1 212

Ze względu na sposób prowadzenia wzbogacania, odpad ma postać drożnego szlamu, w którym przeważającą część masy stanowi frakcja o średnicy ziarn pożniżej 75 μm, a wielkość ziarn ciała stałego generalnie nie przekracza 2 mm.

Tabela 7

Skład ziarnowy odpadów flotacyjnych z przerobu rud miedzi [5,6]

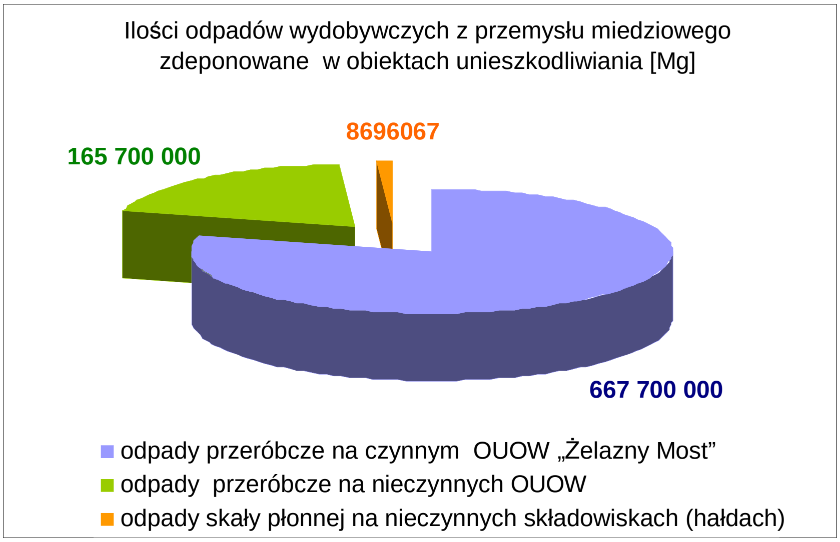
ZWR	Uziarnienie (udział %)				
	> 0,2 mm	0,2-0,1 mm	0,1-0,075 mm	0,075-0,045 mm	< 0,045mm
ZWR „Polkowice”	-	-	1,87	8,29	89,84
ZWR „Lubin”	3,4	23,1	23,1	11,7	38,7
ZWR „Rudna”	5,4	31,1	8,7	7,2	47,6

Dotychczas zbadanych zostało szereg kierunków możliwego ich zagospodarowania, w tym do produkcji cementu, kruszyw porowatych, betonu komórkowego i pianobetonu, betonitów górniczych, nawozów magnezowo-wapniowych, w budownictwie drogowym i w technologiach górniczych [6].

Żaden z dotychczas rozpoznanych kierunków nie stworzył możliwości opłacalnego odzysku znaczących ilości odpadów flotacyjnych. Aktualnie trwają prace badawcze oraz próby pilotowe zastosowania odpadów z flotacji jako materiału do podsadzania zrobów [7], co stwarza perspektywę zagospodarowania około 20 mln Mg odpadów/rok. Do wykorzystania w tym celu planowane jest stosowanie odpadów bezpośrednio z ZWR, przed umieszczeniem ich na OUOW.

Aktualnie odpady wydobywcze z przemysłu miedziowego, z uwagi na brak praktycznych możliwości ich odzysku, kierowane są do obiektów unieszkodliwiania. Jak podano w tabelach 1 i 8, w obiektach tych zgromadzono dotąd około 842 mln Mg odpadów wydobywczych, w tym 79,2% stanowią odpady przeróbcze z bieżącej produkcji, 1,1% odpady skały płonnej zdeponowane na hałdach, a 19,7% odpady przeróbcze zdeponowane na nieczynnych obiektach unieszkodliwiania, co pokazano na rysunku 1.

Odpady dostarczane są na składowisko rurociągami, w postaci zawiesiny w wodzie technologicznej. Zawiesina rozprowadzana jest rurociągami biegnącymi po zaporze składowiska i wprowadzana do jego wnętrza. Odpady o większym uziarnieniu zrzucane są przy zaporze, a odpady drobne do wnętrza. Ziarna odpadów sedymentują tworząc plaże, a woda technologiczna, wraz z drobnymi frakcjami odpadów, odpływa do centrum składowiska tworząc akwen.



Rys. 1. Ilości odpadów wydobywczych z przemysłu miedziowego zdeponowane w obiektach unieszkodliwiania [Mg] (opracowanie własne)

Z eksploatacją największego w Europie OUOW związane są następujące aspekty środowiskowe:

- infiltracja zanieczyszczonych (zasolonych) wód nadosadowych do gruntu,
- zmiany położenia poziomu zwierciadła wód podziemnych,
- odprowadzanie nadmiaru wód nadosadowych do Odry,
- emisja niezorganizowana pyłów z powierzchni plaż i zapór.

Zasięg oddziaływania składowiska podczas normalnej eksploatacji wyznaczony jako granica obszaru niekorzystnych wpływów hydrochemicznych (tj. obszaru występowania wód złej jakośc,i z uwagi na stężenie podstawowego wskaźnika zanieczyszczenia – chlorków > 250 mg Cl/dm^3) obejmował w 2010 r. powierzchnię 323,42 ha [8]. Największe zasięgi oddziaływania hydrochemicznego obserwowane są na przedpolach zapory wschodniej i zachodniej, gdzie front migracji wód zasolonych oddalony jest maksymalnie o ok. 1 km od podstawy zapory.

Infiltracja w podłoże zasolonych wód nadosadowych oddziałuje również na wody powierzchniowe. Przedostające się poza barierę studni drenażu pionowego wody nadosadowe zasilają cieki w rejonie obiektu, powodując podwyższenie zawartości chlorków.

Podejmowane przez operatora działania, służące ograniczaniu oddziaływania obiektu na środowisko, mają na celu zmniejszenie trzech najbardziej znaczących oddziaływań:

- niezorganizowanej emisji pyłu odpadów flotacyjnych do powietrza,
- niezorganizowanej emisji zanieczyszczeń do wód podziemnych,
- zmniejszenia zanieczyszczenia wód odprowadzanych do Odry.

Niezorganizowana emisja pyłu ograniczana jest przez wprowadzanie roślinności na odpowietrzane skarpy zapór, zabezpieczenie korony zapór oraz plaż roztworami środków ograniczających pylenie, odpowiednie sterowanie zrzutem odpadów (krótkotrwałe namywy nawilżające) oraz deszczowanie odpadów [9].

Emisja zanieczyszczeń do wód podziemnych ograniczana jest poprzez przejęcie infiltrujących wód nadosadowych rozbudowanymi systemami drenażu, w szczególności systemem studni drenażu pionowego. Problem nadmiernego zanieczyszczenia wód nadosadowych, w aspekcie możliwości nieuciążliwego ich odprowadzania do Odry, dotyczy jedynie zawartości zawiesin i ma miejsce w okresie występowania warunków meteorologicznych niesprzyjających klarowaniu się wód w akwenie. Nadmiar zawiesin z wód kierowanych do Odry usuwany jest w mechanicznej oczyszczalni wód zrzutowych wybudowanej w sąsiedztwie pompowni Tarnówek.

Wpływ na jakość wód powierzchniowych jest skutkiem zasilania cieków wodami podziemnymi, zanieczyszczonymi wskutek infiltracji wód. Wpływ ten objawia się w przypadku cieków drenujących obszary występowania zanieczyszczonych wód podziemnych po wschodniej (Kalinówka, rów IS II, rów ISa, rów IIN-1) i zachodniej (rów IIS, Olszówka, rów Barszów, Żdżerowita) stronie składowiska. Efektem oddziaływania są podwyższone zawartości chlorków i siarczanów, klasyfikujące wody cieków do III klasy jakości (wody o jakości umiarkowanej).

Nadmiar wód nadosadowych odprowadzany jest do Odry w sposób kontrolowany, wielkość zrzutu ustalana jest na poziomie nie przekraczającym bieżącej chłonności rzeki, na podstawie posiadanego przez operatora obiektu Pozwolenia Wodnoprawnego.

Nieczynne składowiska odpadów z flotacji

Eksploatacja złóż rud miedzi na Dolnym Śląsku prowadzona jest od lat 50 XX wieku. W latach 1953-1980 eksploatowane były złoża rud miedzi w tzw. „Starym Zagłębiu” (rejon Bolesławca i Złotoryi), stąd istnieje tam 5 nieczynnych OUOW z ich przeróbki: 2 obiekty byłych Zakładów Górniczych „Lena” oraz 3 byłych Zakładów Górniczych „Konrad”. Nieczynnym obiektem przyjmującym odpady z flotacji rud miedzi wydobywanych z kopalń Legnicko-Głogowskiego Okręgu w latach 1968-1980 jest OUOW „Gilów”. Podstawowe parametry nieczynnych obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 8

Lokalizacja i parametry nieczynnych obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych [6]

Nazwa obiektu	Lokalizacja	Powierzchnia [ha]	Ilość zdeponowanych odpadów [Mg]	Stan obiektu
Lena Nr 1	Wilków k. Złotoryi	41	7 000 000	Zamknięty, częściowo zrekultywowany
Lena Nr 2	Wilków k. Złotoryi	88	15 000 000	Zamknięty
Nr 1	Iwiny k. Bolesławca	129	18 000 000	Zamknięty, częściowo zrekultywowany
Nr 2	Iwiny k. Bolesławca	12,0	1 200 000	Nieczynny
Nr 3	Wartowice k. Bolesławca	145	32 500 000	Nieczynny
Gilów	Lubin	600	92 000 000	Nieczynny, częściowo zrekultywowany

Odpady zgromadzone w obiektach „Starego Zagłębia" pochodzą z przeróbki rud łupkowo-wapiennych, stąd ich własności różnią się od odpadów flotacyjnych z bieżącej produkcji. W ich składzie mineralogicznym przeważają margle, wapienie i minerały ilaste o bardzo drobnej, granulacji (poniżej 0,06 mm). Średni skład chemiczny odpadów z flotacji z obiektów „Starego Zagłębia" podano w tabeli 9, a uziarnienie w tabeli 10.

Tabela 9

Średni skład chemiczny odpadów flotacyjnych zdeponowanych w obiektach „Starego Zagłębia" [5]

Składnik	Jednostka	Zawartość
CaO		23,68
MgO		4,42
SiO_2		29,18
Cu		0,16
Pb		0,007
As		0,004
Al_2O_3		10,24
Co	[g/Mg]	23
Cu	[%]	0,21 – 0,30
Ag	g/[Mg]	13,7 – 15,4

Tabela 10

Średnie uziarnienie odpadów flotacyjnych zdeponowanych w obiektach „Starego Zagłębia" [5]

uziarnienie	
Klasa [mm]	**Wartość [%]**
>0,2	2,2
0,2-0,1	5,6
0,1-0,06	2,3
<0,06	89,9

Powierzchnie nieczynnych składowisk odpadów flotacyjnych są trudne do rekultywacji i zagospodarowania ze względu na własności fizyczne i chemiczne odpadów. Podstawowym utrudnieniem jest brak substancji organicznej, wysokie zasolenie podłoża oraz zróżnicowane, niekorzystne dla roślin, stosunki powietrzno-wodne w warstwie odpadów.

Na składowisku Gilów przeprowadzona została tzw. stabilizacja biologiczna, skutecznie zabezpieczająca powierzchnię obiektu przed erozją eoliczną i wodną. Do wytworzenia warstwy organicznej, umożliwiającej wprowadzenie roślinności, stosowano z powodzeniem odpady i nadkład z pobliskiej piaskowni „Obora”, po czym w latach 1981-1986 na powierzchnie obiektu wprowadzono roślinność o charakterze stabilizującym.

W przypadku składowisk „Starego Zagłębia” zasadniczym aspektem środowiskowym jest zajęcie terenu, (ponad 274 ha bezglebowej powierzchni), który w obecnej postaci nie pełni żadnej funkcji użytkowej ani przyrodniczej, będąc szpecącym krajobraz nieużytkiem. Z uwagi na własności zdeponowanych w nich odpadów, nie ulegają one erozji eolicznej, stąd nawet podczas niekorzystnych warunków atmosferycznych (susza, wiatr) nie występuje pylenie z praktycznie nagich plaż obiektów. Z odpadów z flotacji rud łupkowo-wapiennych nie są wymywane zanieczyszczenia, stąd obiekty te nie stwarzają również zagrożenia dla środowiska gruntowo-wodnego. Stan techniczny obiektów jest dobry, otoczone są one zaporami ziemnymi, wzmocnionymi od wewnątrz płytami betonowymi. Od strony zewnętrznej skarpy zapór są zabezpieczone przed erozją wodną darnią trawy. U podstawy zapór biegną rowy opaskowe, przechwytujące wody infiltracyjne i opadowe.
Prowadzone do tej pory liczne próby rekultywacji obiektów „Starego Zagłębia” powiodły się jedynie na najmniejszych z nich: Lena I w Wilkowie i Nr 2 w Iwinach, natomiast otwartym zagadnieniem pozostaje rekultywacja obiektów, zwłaszcza tych największych, pozostałych po kopalni Konrad: Nr 1 i Nr 3. Stan taki spowodowany jest przede wszystkim niekorzystnymi dla wegetacji roślin właściwościami zdeponowanych odpadów, tj.:

- skrajnie złe warunki powietrzno-wodne,
- niewielka ilość składników przyswajalnych dla roślin,
- brak substancji organicznej,
- zalewanie fragmentów składowiska przez akwen [10].

Aktualny stan tych obiektów pokazano na fotografiach 6 i 7.



Fot. 6. Nieczynny obiekt unieszkodliwiania odpadów wydobywczych Nr 3, „Stare Zagłębie", Wartowice (fot. A. Mizera)



Fot. 7. Nieczynny obiekt unieszkodliwiania odpadów wydobywczych Nr 1, „Stare Zagłębie", Iwiny (fot. A. Mizera)

Wnioski

1. Odpadami wydobywczymi aktualnie wytwarzanymi w wyniku eksploatacji złóż rud miedzi przez KGHM Polska Miedź SA są: skała płonna, powstająca w wyniku budowy nowego szybu w Jakubowie, w ilości około 150 tys. Mg/rok (do końca głębienia szybu, to jest do 2013 roku); skała płonna wytwarzana podczas eksploatacji złoża rud miedzi oraz odpady przeróbcze, to jest odpady z flotacji rud miedzi (w ilości do 28 mln Mg/rok).

2. Poza odpadami wydobywczymi wytwarzanymi w wyniku bieżącej działalności przemysłu miedziowego, na terenie Dolnego Śląska zdeponowane jest w nieczynnych (nieeksploatowanych) obiektach unieszkodliwiania odpadów wydobywczych ponad 174,29 mln Mg odpadów, w tym 8,69 mln Mg odpadów skały płonnej na hałdach na terenie LGOM oraz 165 mln Mg odpadów przeróbczych (z flotacji rud miedzi), w tym 73,6 mln w obiektach unieszkodliwiania tzw. „Starego Zagłębia" oraz 92 mln Mg na składowisku „Gilów".

3. Własności odpadów wydobywczych są dobrze poznane i udokumentowane. Skała płonna z procesu eksploatacji złóż rud miedzi w całości zagospodarowywana jest w procesach odzysku, natomiast pozostałe odpady wydobywcze deponowane są w obiektach unieszkodliwiania, na których również prowadzony jest ich odzysk w charakterze materiałów konstrukcyjnych.

4. Nieczynne składowiska skały płonnej poddane zostały w latach 1980-2010 rekultywacji (przeważnie w kierunku leśnym). Rekultywacja została zakończona, natomiast stopień zaawansowania rozwoju złożonych ekosystemów jest różny.

5. Środki ochrony środowiska, zastosowane na obiektach unieszkodliwiania odpadów z przeróbki rud miedzi są z punktu widzenia zasad najlepszej dostępnej techniki, to jest przy uwzględnieniu kosztów i możliwych do uzyskania efektów, wystarczające. Natomiast otwartą kwestią pozostaje sposób zagospodarowania nieczynnych obiektów unieszkodliwiania odpadów przeróbczych, zwłaszcza w obszarze „Starego Zagłębia".

Literatura

[1] Kotarska I., 2006-2010, Podstawowe charakterystyki i badania odpadów przeznaczonych do składowania, wytwarzanych w KGHM POLSKA MIEDŹ S.A., KGHM CUPRUM sp. z o.o. – CBR, Wrocław, 2006-2010 r.

[2] Wójcik J., Kowalik St., 2002, Ocena efektywności rekultywacji leśnej hałd skał odpadowych w Zakładach Górniczych Miedzi „Rudna". Inżynieria Środowiska, t.7, zeszyt 1.

[3] Kotarska I. i in., 2011, Raport o oddziaływaniu na środowisko wydobycia rud miedzi ze złoża „Rudna”, KGHM CUPRUM sp. z o.o. – CBR, (praca niepublikowana).

[4] Kotarska I. i in., 2010, Szczegółowe wymagania z zakresu ochrony środowiska, niezbędne do sporządzenia planu ruchu O/ZG „Polkowice-Sieroszowice” na lata 2011-2013, (praca niepublikowana).

[5] Praca zbiorowa pod red. Szafran A., Kotarska I., 2002, „Katalog odpady w przemyśle metali nieżelaznych”, CBPM „Cuprum” sp. z o.o., Wrocław.

[6] Kotarska I. i in., 2007, „Gospodarowanie odpadami przemysłowymi” w Monografia KGHM Polska Miedź S.A., rozdział: Gospodarowanie odpadami przemysłowymi” (1002-1035), Lubin.

[7] Dębkowski R. i in., 2010, Możliwość zagospodarowania odpadów flotacyjnych w starych zrobach oraz bieżąco powstających pustkach kopalń rud miedzi KGHM Polska Miedź S.A. wraz z doborem technologii oraz opracowaniem projektu koncepcyjnego instalacji do produkcji i transportu mieszaniny do dosadzania/podsadzania, KGHM CUPRUM sp. z o.o. – CBR, Wrocław.

[8] Merta A., Worsa-Kozak M., 2011, „Analiza zmian stosunków hydrodynamicznych i hydrochemicznych w otoczeniu składowiska „Żelazny Most” w latach 2009-2011. Etap II – opracowanie za rok 2010, KGHM CUPRUM sp. z o.o. – CBR, Wrocław.

[9] Szafran A., 2010, Raport o oddziaływaniu na środowisko przedsięwzięcia polegającego na rozbudowie OUOW „Żelazny Most” do rzędnej 180 m nmp., KGHM CUPRUM sp. z o.o. – CBR, Wrocław.

[10] Mizera A., 2003, Red. Badanie wartości glebotwórczej odpadów zdeponowanych w składowisku 1, 2, 3 w aspekcie ich podatności na zabiegi rekultywacyjne. CBPM „Cuprum”, Wrocław.

[11] Management of Tailings and Waste – Rock in Mining Activities, European Commission, 2009, http:/eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/brefdownload/download_MTWR.cfm

Mining Waste from Copper Industry in Poland – Balance, Management and Environmental Aspects

Key words: mining waste, waste rock, flotation tailings, waste recovery, waste tailing dumps

Abstract

In the paper the balance of waste from extraction of copper ore in Poland, their characteristics and environmental aspects caused by current management status of the waste has been presented. From the analysis comes, that currently generated wastes are waste rock in the amount of 4 mln Mg/year and flotation tailings – up to 28 mln Mg/year. On old deposition facilities over 174 mln Mg of waste is deposited.